

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-266727

(43)Date of publication of application : 28.09.2001

(51)Int.Cl.

H01H 59/00  
B81B 3/00

(21)Application number : 2000-073469

(71)Applicant : NEC CORP  
NEC TOHOKU LTD

(22)Date of filing : 16.03.2000

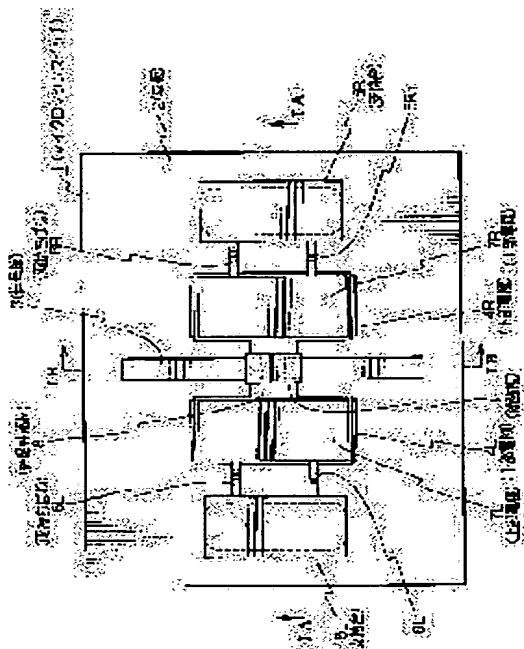
(72)Inventor : KASAI SHIGERU  
SUZUKI KENICHIRO  
OTA YOSHINORI  
IDE TATSUMI

## (54) MICROMACHINE SWITCH

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a micromachine switch, that can realize stable action characteristics, has a large number of contact groups, and can be mass-produced at a low price.

**SOLUTION:** The micromachine switch 1 is to control conduction or nonconduction of a signal line 3 by bringing a contact electrode 10 into contact with or separating it from the signal line 3. The micromachine switch 1 comprises support stands 5L, 5R arranged on a substrate 2, a double-holding spring 6L, upper electrode 7L, contact electrode 10, upper electrode 7R and a double-holding spring 6R which are separated from the substrate 2 and coupled in said order, and lower electrodes 4L, 4R arranged on the substrate 2. By generating static electricity power between the upper electrodes 7L, 7R and the lower electrodes 4L, 4R, the contact electrode 10 is brought into contact with the signal line 3. By the restoring force of the double-holding springs 6L, 6R, the contact electrode 10 is separated from the signal line 3.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-266727

(P 2001-266727 A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001. 9. 28)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

H 0 1 H 59/00

H 0 1 H 59/00

B 8 1 B 3/00

B 8 1 B 3/00

審査請求 有 請求項の数 1 2 O L

(全 1 3 頁)

(21) 出願番号 特願2000-73469 (P2000-73469)

(22) 出願日 平成12年3月16日 (2000. 3. 16)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(71) 出願人 000222060

東北日本電気株式会社

岩手県一関市柄貝1番地

(72) 発明者 葛西 茂

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式  
会社内

(74) 代理人 100079164

弁理士 高橋 勇

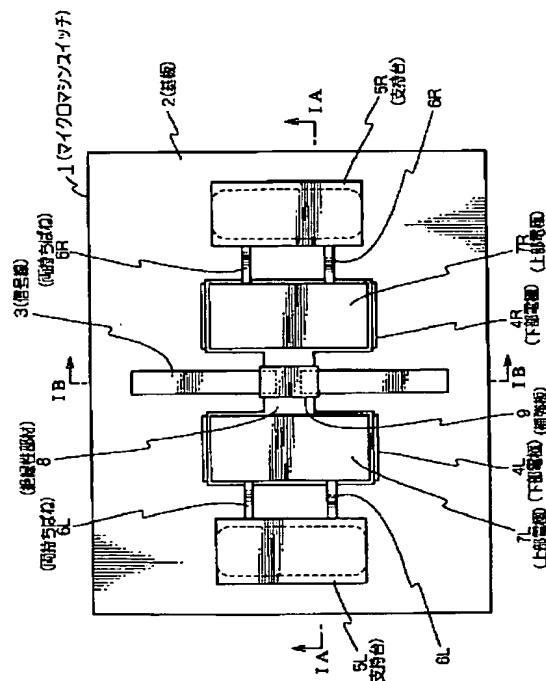
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロマシンスイッチ

(57) 【要約】

【課題】 安定した動作特性を実現し、かつ多数の接点組を有し安価に大量生産が可能なマイクロマシンスイッチを提供する。

【解決手段】 マイクロマシンスイッチ1は、信号線3に対して接触電極10を接触又は開離させることにより、信号線3の導通又は非導通を制御するものである。基板2上に設けられた支持台5L、5Rと、基板2から離れた状態かつこの順序で連結された両持ちばね6L、上部電極7L、接触電極10、上部電極7R及び両持ちばね6Rと、基板2上に設けられた下部電極4L、4Rとを備えている。上部電極7L、7Rと下部電極4L、4Rとの間に静電気力を発生させることにより、信号線3に接触電極10を接触させる。両持ちばね6L、6Rの復元力により、信号線3から接触電極10を開離させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に設けられた信号線に対して接触電極を接触又は開離させることにより、当該信号線の導通又は非導通を制御するマイクロマシンスイッチにおいて、

前記基板上に互いに離れて設けられた第一及び第二の支持台と、

これらの第一及び第二の支持台の間に、前記基板から離れた状態かつこの順序で連結された第一の両持ちばね、第一の上部電極、前記接触電極、第二の上部電極及び第二の両持ちばねと、

前記第一及び第二の上部電極に対向する位置の前記基板上に設けられた第一及び第二の下部電極とを備え、

前記第一及び第二の上部電極と前記第一及び第二の下部電極との間に静電気力を発生させることにより、前記信号線に前記接触電極を接触させ、

前記第一及び第二の両持ちばねの復元力により前記信号線から前記接触電極を開離させる、ことを特徴とするマイクロマシンスイッチ。

【請求項 2】 前記第一の及び第二の両持ちばねの間に前記基板と平行で平板状の絶縁性部材が設けられ、この絶縁性部材の前記基板に対向する面に前記接触電極が設けられ、この絶縁性部材の前記基板に対向しない面に前記第一及び第二の上部電極が設けられた、請求項 1 記載のマイクロマシンスイッチ。

【請求項 3】 前記第一及び第二の上部電極はそれぞれ、前記基板に設けられた一つのパッドに配線を介して電気的に接続された、

請求項 1 又は 2 記載のマイクロマシンスイッチ。

【請求項 4】 前記第一及び第二の下部電極はそれぞれ、前記基板に設けられた一つのパッドに配線を介して電気的に接続された、

請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のマイクロマシンスイッチ。

【請求項 5】 前記信号線は、前記基板に設けられた接地部によって所定幅のスリットを介して囲まれ、前記接地部と前記下部電極とが電気的に接続された、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載のマイクロマシンスイッチ。

【請求項 6】 前記基板がガラスである、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のマイクロマシンスイッチ。

【請求項 7】 前記基板がシリコンである、請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のマイクロマシンスイッチ。

【請求項 8】 前記接触電極及び前記信号線の少なくとも一方の、少なくとも表面がルテニウム、ロジウム又は金コバルトからなる、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のマイクロマシンスイッチ。

【請求項 9】 前記接触電極及び前記信号線の少なくとも一方の少なくとも表面がルテニウム、ロジウム又は金コバルトからなり、当該表面の下が金からなる、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のマイクロマシンスイッチ。

【請求項 10】 基板上に設けられた第一及び第二の請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載のマイクロマシンスイッチと、前記基板上に設けられた第一及び第二の信号線並びに共通の信号線とを備え、

前記第一のマイクロマシンスイッチは、前記第一の信号線と前記共通の信号線との間での導通又は非導通を制御し、

前記第二のマイクロマシンスイッチは、前記第二の信号線と前記共通の信号線との間での導通又は非導通を制御する、マイクロマシンスイッチ。

【請求項 11】 請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載のマイクロマシンスイッチが一枚の基板上に複数配設された、マイクロマシンスイッチ。

【請求項 12】 少なくとも一つの前記マイクロマシンスイッチの前記支持台が他の前記マイクロマシンスイッチの前記支持台と共通化されている、

請求項 10 又は 11 記載のマイクロマシンスイッチ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体の微細加工技術を利用して極微細でメカニカルな機構を実現したマイクロマシンの技術分野に属し、詳しくは電気的な接点を開閉するためのマイクロマシンスイッチに関する。

## 【0002】

【従来の技術】図 12 は特開平 9-17300 号公報に開示された従来のマイクロマシンスイッチを示し、図 12 [1] 平面図、図 12 [2] は図 [1] における XII-XII 線縦断面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0003】ガリウム砒素からなる基板 112 の上に、熱硬化ポリイミドからなるアンカー構造 114、並びに金からなる下部電極 116 及び信号線 118 が設けられている。アンカー構造 114 の上に設けられたシリコン酸化膜からなる片持ちアーム 120 は、下部電極 116 及び信号線 118 の上まで延設されており、これらと空間的な隙間を介して対向している。片持ちアーム 120 の上側には、アンカー構造 114 から下部電極 116 に対向する位置までアルミニウムからなる上部電極 124 が設けられている。また、片持ちアーム 120 の下側には、信号線 118 に対向する位置に金からなる接触電極 122 が設けられている。

【0004】信号線 118 と接触電極 122 とが対向する位置には、隙間が設けられている。このため、電圧が

印加されない状態では信号線 118 に電流が流れない。ここで、上部電極 124 と下部電極 116 との間に 30 [V] の電圧を印加すると、静電気力により上部電極 124 に基板 112 方向（下側）に引力が働く。このため、片持ちアーム 120 が下側に変形することにより、接触電極 122 が信号線 118 と接触するので、信号線 118 に電流が流れる。このようにして、電圧の印加によって、信号線 118 を通る電流又は信号のオン・オフを制御することができる。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のマイクロマシンスイッチ 110 には、以下の問題点

(1) ～ (3) があった。

【0006】(1) 片持ちアーム 120 が基板 112 方向に変形して、最初にその先端の接触電極 122 が信号線 118 に接続し、次に上部電極 124 が下部電極 116 に吸引される。この際、片持ちアーム 120 の基端側にだけ力が加わり、先端側には拘束力が存在しない。すなわち、接触電極 122 は、信号線 118 に対して平行に接触せず、信号線 118 に対してある傾斜を持って接触することとなる。したがって、接触電極 122 が信号線 118 に対して一部の領域のみで接触する、いわゆる「片当たり」が発生しやすい。この片当りは、信号線 118 の接触抵抗を不安定にさせるとともに、信号線 118 に負荷を印加した寿命試験において接触電極 122 や信号線 118 の一部の接触領域だけが劣化する原因となる。このように、接点性能を著しく低下させてしまうという問題があった。

【0007】また、このように片持ちアーム 120 の基端側にだけ力を加えて、その力によって接触電極 122 を信号線 118 に接触させる構造では、接触部（接触電極 122 と信号線 118 との接触部）で摺動を伴うと予測される。この摺動は接触領域の材質及び接触力によって決定される粘着力を増長させてしまうので、復旧電圧のばらつきや動作障害を引き起こすという問題があった。上記公報では、接触領域の材質として金を使用している。金は、導電性が良いため小型化を維持したまま低挿入損失及び大通電容量を実現できるが、最も粘着係数が高い材質でもある。そのため、より大きな粘着力を発生させてしまう。

【0008】(2) 動作電圧は、片持ちアーム 120 によるばね復元力と、電極間（上部電極 124 と下部電極 116 との間）に発生する静電気力とのバランスによって決定される。一方、配線部抵抗を除いた信号線間の接触抵抗特性は、接触部の接触力に主に依存している。その接触力を決定する要因の一つに、接触電極 122 が信号線 118 に接触した後の、片持ちアーム 120 のばね定数が挙げられる。つまり、片持ちアーム 120 の剛性は、動作電圧特性及び接触抵抗特性を決定することとなる。したがって、動作電圧特性と接触抵抗特性とのバラ

ンスを考慮した設計が必要である。このように設計の自由度が狭いことは、その特性を決定する寸法値を厳しく制限するため、製造プロセスにおいても多大な制約を設けなければならないという問題があった。

【0009】(3) 従来のマイクロマシンスイッチは、1つの基板 112 に1つのマイクロマシンスイッチ 110 が形成され、2つの信号線 118 の導通及び非導通を制御するものがほとんどであった。つまり、マイクロマシンスイッチ 110 の信号入力部及び信号出力部は、各々 1つだけであった。したがって、複数存在する出力信号線のうち所定の信号線に入力信号を出力したい場合は、各々基板 112 に作製され、各々包装されたマイクロマシンスイッチ 110 を多数個用いて回路を設計する必要があった。しかし、このように各々基板 112 に作製され、包装されたマイクロマシンスイッチ 110 を多数個使用することは、顧客のシステムボードを大型化させてしまうととも、コスト的にも割高にしてしまうという問題があった。

#### 【0010】

20 【発明の目的】本発明の目的は、このような課題を解決することにより、安定した動作特性を実現し、かつ多数の接点組を有し安価に大量生産が可能なマイクロマシンスイッチを提供することにある。

#### 【0011】

30 【課題を解決するための手段】本発明に係るマイクロマシンスイッチは、基板上に設けられた信号線に対して接触電極を接触又は開離させることにより、信号線の導通又は非導通を制御するものである。そして、基板上に互いに離れて設けられた第一及び第二の支持台と、第一及び第二の支持台の間に、基板から離れた状態かつこの順序で連結された第一の両持ちばね、第一の上部電極、接触電極、第二の上部電極及び第二の両持ちばねと、第一及び第二の上部電極に対向する位置の基板上に設けられた第一及び第二の下部電極とを備えている。第一及び第二の上部電極と第一及び第二の下部電極との間に静電気力を発生させることにより、信号線に接触電極を接触させる。第一及び第二の両持ちばねの復元力により、信号線から接触電極を開離させる。

40 【0012】すなわち、[第一の支持台—第一の両持ちばね—第一の上部電極—接触電極—第二の上部電極—第二の両持ちばね—第二の支持台] という構造になっている。そして、第一の両持ちばねから第二の両持ちばねまでが基板から離れている。また、基板上には、第一及び第二の上部電極に対向する位置に第一及び第二の下部電極が設けられている。

50 【0013】ここで、第一及び第二の上部電極と第一及び第二の下部電極との間に、電圧を印加することにより静電気力を発生させる。この電圧を徐々に上げると、静電気力が増大することにより、第一及び第二の上部電極が第一及び第二の下部電極に吸い寄せられるので、接触

電極も信号線に近づく。更に電圧を上げると、遂には第一及び第二の両持ちばねの復元力に静電気力が打ち勝って、接触電極が信号線に接触する。これにより、信号線が導通となる。この状態で、電圧を下げると、第一及び第二の両持ちばねの復元力によって接触電極が信号線から開離する。これにより、信号線が非導通となる。

【0014】従来技術では、接触電極が弧を描くように移動して信号線に接触していたため、片当たりや摺動の問題が発生していた。これに対し、本発明における接触電極は、〔第一の上部電極―接触電極―第二の上部電極〕の状態すなわち両側を上部電極で挟まれた状態で、信号線に対して接触又は開離する。つまり、本発明では、接触電極が平行に移動して信号線に接触するため、片当たりや摺動の問題が発生しない。

【0015】換言すると、本発明に係るマイクロマシンスイッチは、例えば次のような構成及び作用となる。一つの基板上に設けられた一方の信号線と、当該信号線の端部より所定のギャップを隔てて設けられた他方の信号線との、導通／非導通を制御するマイクロマシンスイッチである。そして、前記基板と接合され、前記ギャップの近傍かつ前記信号線に対して概ね対称に設けられた2つの支持台と、当該各々の支持台から突出し機械的及び電氣的に前記支持台と接続された両持ちばねと、前記基板に対して略水平方向に所定の空間ギャップを隔てて設けられた絶縁性部材を下面に備え前記両持ちばねと機械的及び電氣的に接続する2つの上部電極と、当該各々の上部電極と対向するように前記基板上に配置された下部電極と、前記基板上に設けられた前記ギャップと概ね対向して配置され前記絶縁性部材下に配置されている接触電極とを備えている。また、前記信号線の各々片側に存在する前記支持台、両持ちばね及び上部電極が一体構成され、前記2つの上部電極から概ね等距離の位置に前記接触電極が設けられ、前記上部電極と前記下部電極に電圧を印加することによって、前記接触電極の両側にて発生する大きさがほぼ等しい静電気力にて当該接触電極が前記信号線に対して概ね平行に接触することを特徴としている。更に、駆動電圧を除去した際の復旧時においても、同様に前記信号線に対して概ね平行に接触電極が開離することを特徴としている。これにより従来例で生ずる片当たりや摺動を回避することができるので、良好な動作特性が得られる。

【0016】また、前記接触電極の材質にルテニウム、ロジウム又は金コバルトを使用することにより、動作特性に関与しない程度にまで粘着力を低減できる。更に、前記接触電極が前記信号線に接触した後は、前記絶縁性部材にて前記接触電極を両側より押し込む構造となっている。そのため、接触抵抗特性を左右する接触力は、前記絶縁性部材の剛性にて確保できるので、動作電圧特性を左右する前記両持ちばねの剛性とは無関係である。したがって、幅広い設計が可能であり、またプロセスにお

いても自由度が増大する。

【0017】更に、前記1つの基板に複数の信号入力部と複数の信号出力部とを設け、その各々のギャップ位置にマイクロマシンスイッチを設けることで、所望の出力側の信号線に入力信号を出力することが可能となる。したがって、システムボードを小型化できる。

【0018】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係るマイクロマシンスイッチの第一実施形態を示す平面図である。図2

【A】は図1におけるI A-I A線縦断面図、図2

【B】は図1におけるI B-I B線縦断面図である。以下、これらの図面に基づき説明する。

【0019】本実施形態のマイクロマシンスイッチ1は、基板2上に設けられた信号線3に対して接触電極10を接触又は開離させることにより、信号線3の導通又は非導通を制御するものである。そして、基板2上に互いに離れて設けられた支持台5L、5Rと、支持台5L、5Rの間に、基板2から離れた状態かつこの順序で連結された両持ちばね6L、上部電極7L、接触電極10、上部電極7R及び両持ちばね6Rと、上部電極7L、7Rに対向する位置の基板2上に設けられた下部電極4L、4Rとを備えている。上部電極7L、7Rと下部電極4L、4Rとの間に静電気力を発生させることにより、信号線3に接触電極10を接触させる。両持ちばね6L、6Rの復元力により、信号線3から接触電極10を開離させる。

【0020】更に詳しく説明する。ガラスからなる基板2の上に、導電性材質からなる信号線3と、導電性材質からなり駆動に関与する2つの下部電極4L、4Rと、シリコンからなりスイッチの動作を補助する2つの支持台5L、5Rとが設けられている。支持台5L、5Rの一側面からは2組の可撓性の両持ちばね6L、6Rが突出し、これらの両持ちばね6L、6Rがシリコンからなる上部電極7L、7Rにそれぞれ接続している。上部電極7L、7Rは、所定の空間ギャップを介して基板2上に配置された下部電極4L、4Rとそれぞれ対向している。上部電極7L、7Rの下面には、二酸化シリコン膜又は窒化シリコン膜の多層構造からなる絶縁性部材8が基板2と略水平に接着している。絶縁性部材8は、上部電極7L、7Rに対して10～20[μm]大き目に作製してある。これは、上部電極7L、7Rと下部電極4L、4Rとに駆動用電圧を印加した際、放電により駆動電極部周辺(上部電極7L、7R及び下部電極4L、4Rの周辺)を損傷する可能性があるため、これを防止するためである。絶縁性部材8の下面には、基板2に作製した信号線3と対向かつ所定の空間ギャップを介して、導電性材質からなる接触電極10が設けられている。接触電極10の上面には、絶縁性部材8を介してシリコンからなる補強板9が設けられている。補強板9は、接触電極10よりも面積が大きく、かつ接触電極10及び絶

縁性部材 8 よりも厚さが大きいので、絶縁性部材 8 と接触電極 10 と間に生じる撓みや反りを低減させる。

【0021】図 3 は図 1 のマイクロマシンスイッチにおける電圧印加時を示し、図 3 [A] は図 1 における I A - I A 線縦断面図、図 3 [B] は図 1 における I B - I B 線縦断面図である。以下、図 2 及び図 3 に基づき説明する。

【0022】図 3 はマイクロマシンスイッチ 1 の動作時を示し、図 2 はマイクロマシンスイッチ 1 の復旧時を示す。マイクロマシンスイッチ 1 の動作は、上部電極 7 L, 7 R と下部電極 4 L, 4 R とに、所定の電圧を印加することによって行われる。電圧が印加されるとこれらの 2 組の上部電極 7 L, 7 R と下部電極 4 L, 4 R との間（以下、単に「電極間」という。）に静電気が働き、その静電気が 2 組の両持ちばね 6 L, 6 R の復元力よりも大きくなると、基板 2 上に固定された下部電極 4 L, 4 R に上部電極 7 L, 7 R が吸着しようとする。このため、2 組の両持ちばね 6 L, 6 R は基板 2 に近づく方向に撓み、同時に上部電極 7 L, 7 R と一体となっている絶縁性部材 8 及び接触電極 10 も基板 2 に近づく方向に変位する。このとき、接触電極 10 は、その両側（上部電極 7 L 側及び上部電極 7 R 側）で大きさが等しい静電気力によって、信号線 3 に対してほぼ平行に変位する。

【0023】ここで、電極間の空間ギャップ a は、接触電極 10 と信号線 3 との間の空間ギャップ b よりも大きく設計されている（図 2）。そのため、最初に接触電極 10 が信号線 3 に接触する。その後、上部電極 7 L, 7 R は、両持ちばね 6 L, 6 R の支持台 5 L, 5 R との結合部及び接触電極 10 を固定端とした状態で、更に下部電極 4 L, 4 R に吸着しようとする。このとき、絶縁性部材 8 は、可撓性のばねとして基板 2 に近づく方向に撓むので、2 組の両持ちばね 6 L, 6 R による復元力とともに静電気力とは反対方向、つまり、基板 2 から遠ざかる方向に復元力を発生させる。印加した電圧の二乗に比例した静電気がこれらの復元力よりも大きい場合、上部電極 7 L, 7 R は、下部電極 4 L, 4 R に吸引されて最終的には接触する。この一連の動作の中で、可撓性ばねとして働く絶縁性部材 8 は、接触電極 10 と信号線 3 との間の接触抵抗を良好に保つ接触力を供給することとなる。

【0024】一方、復旧時、つまり、徐々に印加電圧を低下させていった場合は、動作時とは反対に上部電極 7 L, 7 R が下部電極 4 L, 4 R から離れ、続いて接触電極 10 が信号線 3 から離れることによって、信号線 3 を非導通にする。この復旧時においては、接触電極 10 が信号線 3 に粘着することにより、復旧が阻害される可能性がある。しかし、マイクロマシンスイッチ 1 は、前述のように基板 2 に対してほぼ平行に接触電極 10 が信号線 3 に接触又は開離する構造になっているため、粘着を

助長する撓動を回避できる。また、粘着係数の低いロジウム、ルテニウム、金コバルト等を接触電極 10 の材料として用いることで、粘着力を最小限に抑える構造ともなっている。

【0025】図 4 は、マイクロマシンスイッチ 1 における動作特性を示すグラフである。以下、マイクロマシンスイッチ 1 の動作特性を決定する要因について、図 1 乃至図 4 に基づき説明する。

【0026】図 4 では、本発明の電極間における静電気力と、両持ちばね 6 L, 6 R による復元力及び絶縁性部材 8 のばねによる復元力との、マッチングが示されている。また、実際には、静電気力は基板 2 に近づく方向に、ばね復元力は基板 2 から遠ざかる方向に働くが、図 4 では便宜上これらを同一極性として扱っている。更に、図 4 において、横軸はばね系の変位量（電極間の空間ギャップ変化量）を、縦軸は静電気力及びばね復元力の絶対値を示す。

【0027】前述のように、接触電極 10 が信号線 3 に接触した後に、電極間が接触する構造となっている。そのため、図 4 のばねスチフネスの変極点 A は、接触電極 10 が信号線 3 に接触した状態を示す。つまり、ばね変位 X の区間  $0 \leq X \leq d_c$  では、ばねのスチフネスは 2 組の両持ちばね 6 L, 6 R の合成スチフネス  $\delta$  を表し、ばね変位 X の区間  $d_c \leq X \leq d_o$  では、ばねのスチフネスは 2 組の両持ちばね 6 L, 6 R と絶縁性部材 8 によるばねとの合成スチフネス  $\beta$  を表し、最大ばね変位量  $X_{max}$  は電極間の初期空間ギャップ（ $X_{max} = d_o$ ）を表すこととなる。

【0028】このような形態となっているばね系に対して、上部電極 7 L, 7 R と下部電極 4 L, 4 R とに電圧を印加して静電気を発生させると、所定の電圧で、静電気力がばねによる復元力を全変位領域（ $0 \leq X \leq d_o$ ）にわたって上回る（ $\alpha$ ）。このような状態となる印加電圧が動作電圧である。このとき、上部電極 7 L, 7 R は下部電極 4 L, 4 R に完全に吸着するため、絶縁性部材 8 の下面に設けられた接触電極 10 も信号線 3 に接触することとなり、信号線 3 が導通する。

【0029】逆に、上部電極 7 L, 7 R と下部電極 4 L, 4 R とに印加する電圧を徐々に低下させていくと、ばね変位 X の区間  $d_c \leq X \leq d_o$  にわたって、ばねによる復元力が静電気を上回る（ $\gamma$ ）。このような状態となる印加電圧が復旧電圧であり、このとき上部電極 7 L, 7 R は下部電極 4 L, 4 R から開離する。そのため、接触電極 10 と信号線 3 とが非接触となることにより、信号線 3 が非導通となる。

【0030】また、本実施形態においては、信頼性の高い接触形態を作り出すため、次のような配慮がなされている。動作時において、接触電極 10 が信号線 3 に接触しても、上部電極 7 L, 7 R が下部電極 4 L, 4 R に接触しないため、接触抵抗を良好に保つ接点接触力が供給

できない現象（不完全吸引）が知られている。この現象を防止するため、ばね変位区間  $0 \leq X \leq d_c$  における静電気力とばね復元力との最小の差分力は、ばね変位区間  $d_c \leq X \leq d_o$  における同じ静電気力とばね復元力との最小の差分力よりも小さく設計されている。そのため、ばね変位区間  $0 \leq X \leq d_c$  の全領域で静電気力がばね復元力を上回れば、接触電極 10 が信号線 3 に接触し、上部電極 7L, 7R も下部電極 4L, 4R に完全に吸引され、所定の接点接触力を得ることができる。

【0031】また、復旧時に、上部電極 7L, 7R が下部電極 4L, 4R から開離しても、接触電極 10 が信号線 3 から開離しない現象（不完全復旧）が知られている。この現象を防止するため、ばね変位  $X = d_o$  で、静電気力がばね復元力を下回るように設計されている。そのため、ばね変位区間  $0 \leq X \leq d_o$  のほぼ全領域について静電気力はばね復元力を下回るので、上部電極 7L, 7R が下部電極 4L, 4R から開離すれば、接触電極 10 も信号線 3 から開離する。

【0032】このようにマイクロマシンスイッチ 1 の動作特性を決定する要因は、静電気力とばね復元力との形態である。これらは各々幅広い値を持たせることができるので、市場からの要求に合致した設計が可能である。

【0033】図 5 乃至図 7 は、マイクロマシンスイッチ 1 の製造方法を示す断面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0034】まず、シリコン基板 11 に二酸化シリコン膜 12a からなるパターンを作製して、TMAH などのエッチング液を用いてシリコン基板 11 を約  $9 [\mu m]$  ほどエッチングする（図 5 [1]）。続いて、二酸化シリコン膜 12a を除去して二酸化シリコン膜 12b を形成し、このパターンをマスクにして、マスクの存在しない領域にボロンを拡散することにより、支持台 5L, 5R、上部電極 7L, 7R 及び補強板 9 のパターンを作製する（図 5 [2]）。ボロンの深い拡散を行うため、例えば  $1150 [^{\circ}C]$  で 10 時間ほど熱拡散を実施する。このとき、高濃度のボロンが約  $10 [\mu m]$  の深さまで拡散される。

【0035】続いて、二酸化シリコン膜 12b の一部を除去し、残った二酸化シリコン膜 12c のパターンをマスクにして、マスクの存在しない領域にボロンを拡散することにより、両持ちばね 6L, 6R のパターンを作製する（図 6 [3]）。今度はボロンの浅い拡散を行うために、例えば  $1150 [^{\circ}C]$  で 2 時間ほど熱拡散を実施する。このとき高濃度のボロンが約  $2 [\mu m]$  の深さまで拡散される。続いて、中間層を  $1.3 [\mu m]$  の二酸化シリコン膜 12d、その上下層を  $0.03 [\mu m]$  の窒化膜 12e とした、絶縁性部材 8 のパターンを作製する（図 6 [4]）。

【0036】続いて、接触電極 10 を形成する部分以外の箇所にレジスト 13 を塗布し、メッキ又はスパッタ法

を用いて接触電極 10 を作製する（図 7 [5]）。続いて、このようにして作製されたシリコン基板 11 を、金パターンが作製されたガラス基板 2 に接着する。このとき、シリコン基板 11 とガラス基板 2 との静電接着技術を利用することができる。最後に、エチレンジアミンピロカテコールなどのボロン濃度選択性の大きなエッチング液に互いに接着しているシリコン基板 11 及びガラス基板 2 を入れて、ボロンが拡散された領域以外のシリコン基板 11 を溶かす（図 7 [6]）。

【0037】以上述べた製造方法は、スイッチ構造体をガラス基板 2 の上に作製する方法である。もし、基板 2 がセラミックス又はガリウム砒素などであれば、接着剤を用いてシリコン基板 11 と基板 2 とを接着することが可能である。又は、基板 2 の表面にガラスを  $2 \sim 5 [\mu m]$  程度スパッタしておく、静電接着技術を用いることが可能である。

【0038】この製造方法は、シリコン基板 11 をエッチングすることによって、両持ちばね 6L, 6R 等の主要部分を作製した。このようなエッチング方法では、材料として単結晶体を利用することができるために、機械特性として最も信頼性の高い構造体を作製することができる。一方、ここに述べた方法以外にも、例えば前述した特開平 9-17300 号公報で述べられているようなプロセスを用いて、信号線 3 を作製した基板 2 の上に種々の薄膜を堆積して選択エッチングを利用することにより、マイクロマシンスイッチ 1 を作製することが可能である。

【0039】マイクロマシンスイッチ 1 の典型的な寸法値及び特性について述べる。無論、これらは例であって、これらに限定するものではない。両持ちばね 6L, 6R は、長さが  $80 \sim 90 [\mu m]$ 、幅が  $20 \sim 30 [\mu m]$ 、厚さが  $1 \sim 5 [\mu m]$  である。絶縁性部材 8 は、長さが  $40 \sim 100 [\mu m]$ 、幅が  $100 \sim 650 [\mu m]$ 、厚さが  $1 \sim 3 [\mu m]$  である。上部電極 7L, 7R と下部電極 4L, 4R とは、対向する面積の長さが  $300 \sim 600 [\mu m]$ 、幅が  $800 \sim 900 [\mu m]$  であり、それらの空間ギャップが  $5 \sim 10 [\mu m]$  である。接触電極 10 と信号線 3 との空間ギャップは、 $3 \sim 10 [\mu m]$  である。信号線 3 の幅は  $100 \sim 200 [\mu m]$  であり、厚さは  $1 \sim 5 [\mu m]$  である。このような寸法値にて作製したサンプルの電気的特性値測定を行ったところ、 $20 \sim 40 [V]$  程度で動作し、 $15 \sim 30 [V]$  で復旧することが確認できた。また、大気中での測定にもかかわらず、 $200 [\mu s]$  以内で動作し、 $100 [\mu s]$  以内で復旧することも確認できた。また、1 億回までサンプルを動作させたところ、両持ちばね 7L, 7R や絶縁性部材 8 の機械的損傷も無いことも確認された。

【0040】図 8 は、本発明に係るマイクロマシンスイッチの第二実施形態を示す平面図である。この図面にお



いて、マイクロマシンスイッチ1 a, 1 bの各構成要素については、図1のマイクロマシンスイッチ1と同じであるので図1を参照することとし、それぞれの符号を省略する。以下、図1、図2及び図8に基づき説明する。

【0041】本実施形態のマイクロマシンスイッチ1 sは、マイクロマシンスイッチ1 a, 1 bを組み合わせて、信号線3 aと信号線3 bとの導通／非導通、及び信号線3 aと信号線3 cとの導通／非導通を制御する。

【0042】信号線3 a～3 c、及びマイクロマシンスイッチ1 a, 1 bは、一つの基板2上に各々配置されている。信号線3 a～3 cは導電性材質にて作製され、信号線3 aの端部から所定のギャップを隔てて信号線3 b, 3 cが配置され、各ギャップ位置にマイクロマシンスイッチ1 a, 1 bが各々配置されている。信号線3 aと信号線3 bとの間の導通／非導通はマイクロマシンスイッチ1 aにて制御し、信号線3 aと信号線3 cとの間の導通／非導通はマイクロマシンスイッチ1 bにて制御する。

【0043】また、駆動電圧印加箇所を減らし、効率よく外部パッケージ（図示せず）と接続できるように、マイクロマシンスイッチ1 a, 1 bのそれぞれにおいて、上部電極7 L, 7 R間及び下部電極4 L, 4 R間がワイヤー1 4で電気的に接続されている。基板2上には、外部パッケージとの電気的接続を得るためのパッド1 5 0～1 5 6が設けられている。パッド1 5 0は信号線3 a、パッド1 5 1はマイクロマシンスイッチ1 aの下部電極4 L, 4 R、パッド1 5 2は信号線3 b、パッド1 5 3はマイクロマシンスイッチ1 aの上部電極7 L, 7 R、パッド1 5 4はマイクロマシンスイッチ1 bの下部電極4 L, 4 R、パッド1 5 5は信号線3 c、パッド1 5 6はマイクロマシンスイッチ1 bの上部電極7 L, 7 Rにそれぞれ導通している。ただし、パッド1 5 3は、支持台5 R及び両持ちばね6 Rを介して上部電極7 Rと導通している。パッド1 5 6も同様である。パッド1 5 0～1 5 6と外部パッケージ端子とは、ワイヤーでボンディングすることにより電気的接続が得られる。

【0044】図8では、信号線3 a～3 cの配置をT分岐構造としてある。これらの配置は、スイッチ全体の大きさや伝送線路特性の要求に合致できるよう、幅広くまた最適に設計することが可能である。また、上記構造は、図5乃至図7で述べたマイクロマシンスイッチの製造方法において、製造手順を変更することなく、ガラス基板2とシリコン基板1 1とのパターン変更だけで容易に作製できる。したがって、マイクロマシンスイッチ1 sを多数設けることにより、多数の信号線間の導通／非導通を制御することも可能である。本発明では、多数個のマイクロマシンスイッチを一体製造できる利点を利用することにより、製品を小型化する工夫をすることも可能である。詳しくは、次の実施形態で説明する

【0045】図9は、本発明に係るマイクロマシンス

スイッチの第三実施形態を示す平面図である。この図面において、マイクロマシンスイッチ1 c～1 fの各構成要素については、図1のマイクロマシンスイッチ1と同じであるので図1を参照することとし、それぞれの符号を省略する。また、パッド、ワイヤ等も図8のものと同じ機能であるので符号を省略する。以下、図1、図2及び図9に基づき説明する。

【0046】本実施形態では、マイクロマシンスイッチ1 c～1 fの動作を補助する支持台5を共通化している。つまり、隣り合うマイクロマシンスイッチ1 c, 1 dの支持台5を共通化するとともに、隣り合うマイクロマシンスイッチ1 e, 1 fの支持台5を共通化している。これにより、製品を小型化することと、駆動電圧を供給する配線数を削減することとが可能となる。

【0047】この際、個々のマイクロマシンスイッチ1 c～1 fの動作制御は、下部電極4 L, 4 Rに印加する電圧にて行う。上部電極7 L, 7 Rは両持ちばね6 L, 6 Rを介して支持台5と電気的に接続されているため、1つの支持台5を接地しておけば全てのマイクロマシンスイッチ1 c～1 fの支持台5が接地されることとなる。したがって、動作させたいマイクロマシンスイッチ1 c～1 fの下部電極4 L, 4 Rに電圧を印加／非印加することによって、そのマイクロマシンスイッチ1 c～1 fを動作／復旧させることができる。例えば、マイクロマシンスイッチ1 cを動作させたい場合は、マイクロマシンスイッチ1 cの下部電極4 L, 4 Rに電圧を印加する。このとき、他のマイクロマシンスイッチ1 d～1 fは、駆動電極間に静電気力が働かないため動作しない。

【0048】図10は、本発明に係るマイクロマシンスイッチの第四実施形態を示す平面図である。図11は、図10におけるXI-XI線縦断面図である。図10において、マイクロマシンスイッチ1 g～1 jの各構成要素については、図1のマイクロマシンスイッチ1と同じであるので図1を参照することとし、それぞれの符号を省略する。また、パッド、ワイヤ等も図9のものと同じ機能であるので符号を省略する。以下、図1、図10及び図11に基づき説明する。

【0049】高周波信号を伝送するため信号線3 a～3 cがコプレーナラインの場合、信号線3 a～3 cの両側の接地部1 7と下部電極4 L, 4 Rとを一体化することにより、下部電極4 L, 4 Rへの電圧供給配線数を省略できる。このとき、下部電極4 L, 4 Rは接地されているため、マイクロマシンスイッチ1 g～1 jの駆動は上部電極7 L, 7 Rに電圧を印加することによって行われる。例えば、マイクロマシン1 gを動作させるためには、マイクロマシン1 gの上部電極7 L, 7 Rに両持ちばね6 L, 6 Rを介して電気的に接続された支持台5 L, 5 Rに電圧を印加することによって、マイクロマシンスイッチ1 gの電極間に静電気力を発生させる。このとき、他のマイクロマシンスイッチ1 h～1 jは、下部

電極 4 L, 4 R が接地されているものの、上部電極 7 L, 7 R に電圧が印加されないため、動作しない。

【0050】なお、本発明は上記各実施形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施形態は適宜変更され得ることは明らかである。

#### 【0051】

【発明の効果】本発明に係るマイクロマシンスイッチによれば、基板上に設けられた第一及び第二の支持台の間に、基板から離れた状態で連結された第一の両持ちばね、第一の上部電極、接触電極、第二の上部電極及び第二の両持ちばねと、第一及び第二の上部電極に対向する第一及び第二の下部電極とを備えたことにより、接触電極が平行に移動して信号線に接触するので、従来問題となっていた接触電極の片当たりや摺動を防止できる。したがって、安定した動作特性を実現できる。

【0052】換言すると、本発明によれば、動作に必要な静電気力を接触電極について対称にかつ復旧に必要なばね復元力を同じく接触電極について対称に発生させる基本構造とすることによって、信号線に対してほぼ平行に信号線に接触させることができるので、動作時及び復旧時における接触電極の片当たりや摺動を防止できる。

【0053】また、復旧電圧のばらつきや動作障害についても、粘着係数の低いロジウム、ルテニウム、金コバルト等を接触電極に用いることによって、接触部の粘着を最小限に抑えることができるので、動作特性をより向上できる。

【0054】更に、動作電圧は両持ちばねのスチフネスにより、接触部の接触力は絶縁性部材のスチフネスにより、各々確保することによって、設計の自由度を広げることができるので、厳しい寸法制限も緩和することができる。

【0055】更にまた、多数の共通信号線、出力信号線及びマイクロマシンスイッチを一つの基板に形成することにより、多信号線間の導通／非導通を制御する装置を小型かつ安価に提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係るマイクロマシンスイッチの第一実施形態を示す平面図である。

【図 2】図 2 [A] は図 1 における I A-I A 線縦断面図、図 2 [B] は図 1 における I B-I B 線縦断面図である。

【図 3】図 1 のマイクロマシンスイッチにおける電圧印加時を示し、図 3 [A] は図 1 における I A-I A 線縦断面図、図 3 [B] は図 1 における I B-I B 線縦断面図である。

【図 4】図 1 のマイクロマシンスイッチにおける動作特性を示すグラフである。

【図 5】図 1 のマイクロマシンスイッチの製造方法を示す断面図であり、図 5 [1]、図 5 [2] の順に工程が進行する。

【図 6】図 1 のマイクロマシンスイッチの製造方法を示す断面図であり、図 6 [3]、図 6 [4] の順に工程が進行する。

【図 7】図 1 のマイクロマシンスイッチの製造方法を示す断面図であり、図 7 [5]、図 7 [6] の順に工程が進行する。

【図 8】本発明に係るマイクロマシンスイッチの第二実施形態を示す平面図である。

【図 9】本発明に係るマイクロマシンスイッチの第三実施形態を示す平面図である。

【図 10】本発明に係るマイクロマシンスイッチの第四実施形態を示す平面図である。

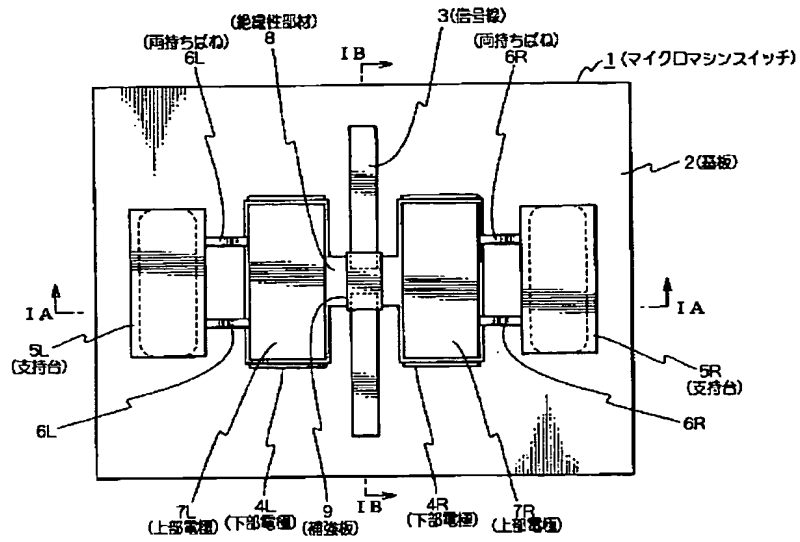
【図 11】図 10 における XI-XI 線縦断面図である。

【図 12】従来のマイクロマシンスイッチを示し、図 12 [1] 平面図、図 12 [2] は図 [1] における XII-XII 線縦断面図である。

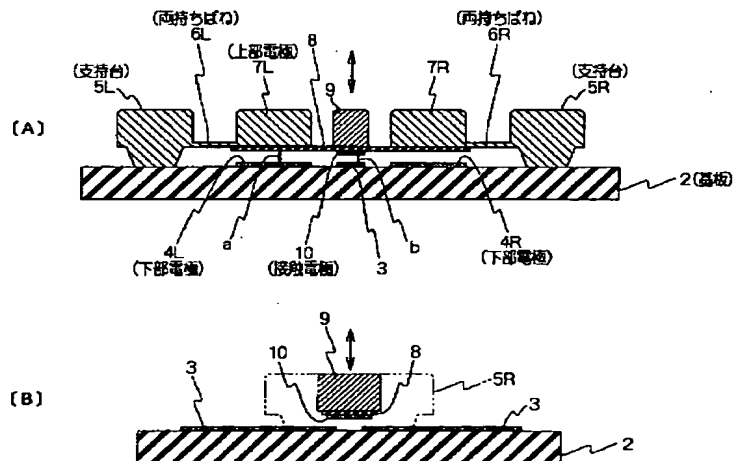
#### 【符号の説明】

- 1, 1 a ~ 1 j, 1 s    マイクロマシンスイッチ
- 2    基板
- 3, 3 a, 3 b, 3 c    信号線
- 4 L, 4 R    下部電極
- 5, 5 L, 5 R    支持台
- 6 L, 6 R    両持ちばね
- 7 L, 7 R    上部電極
- 10    接触電極

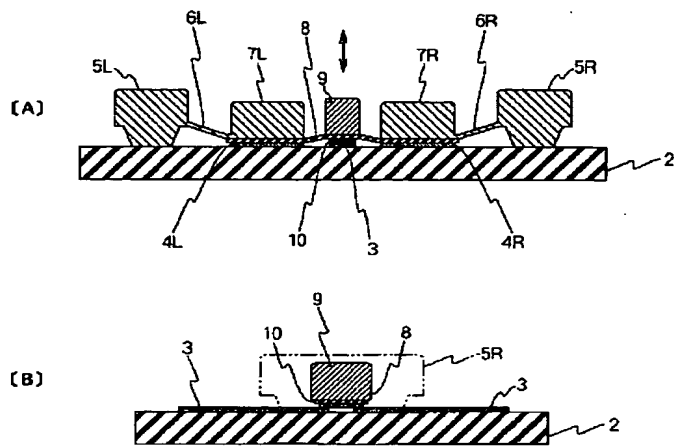
【図 1】



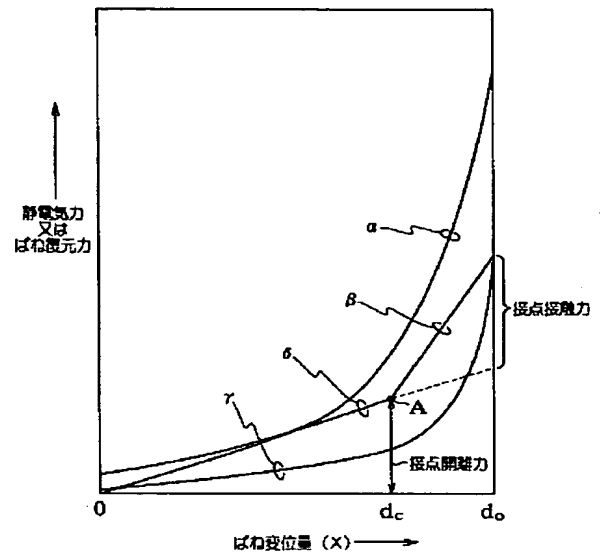
【図 2】



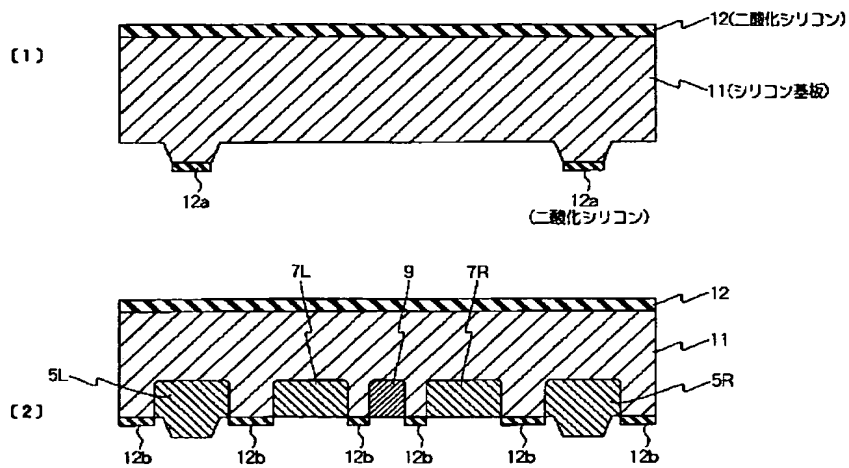
【図 3】



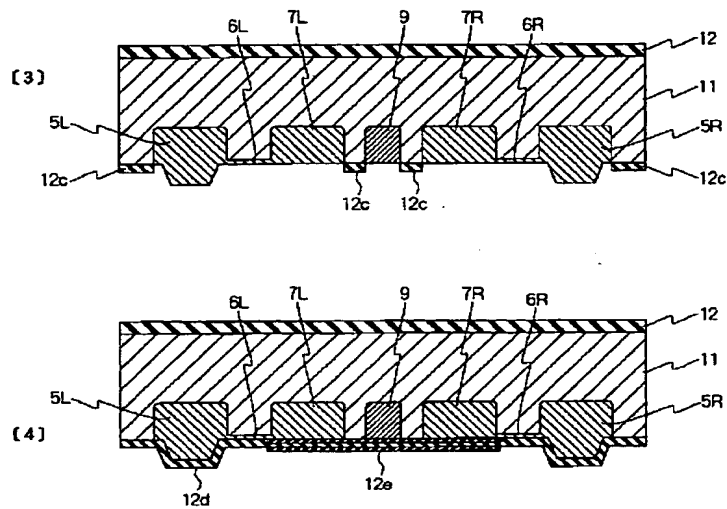
【図 4】



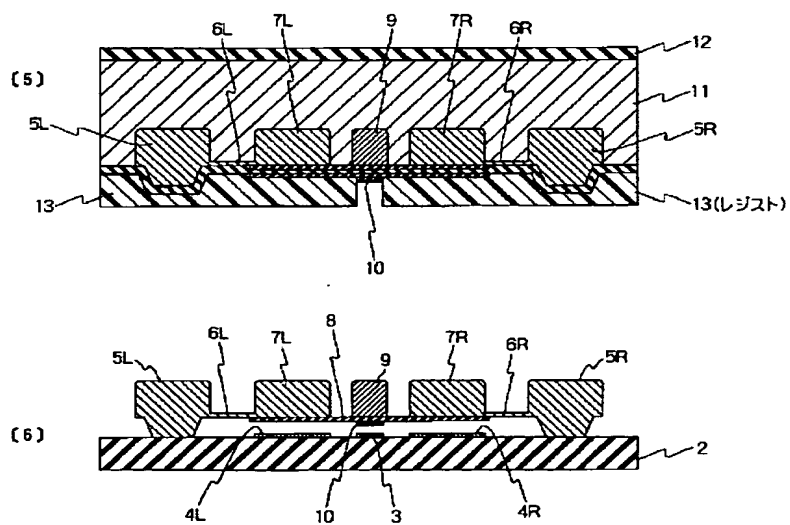
【図 5】



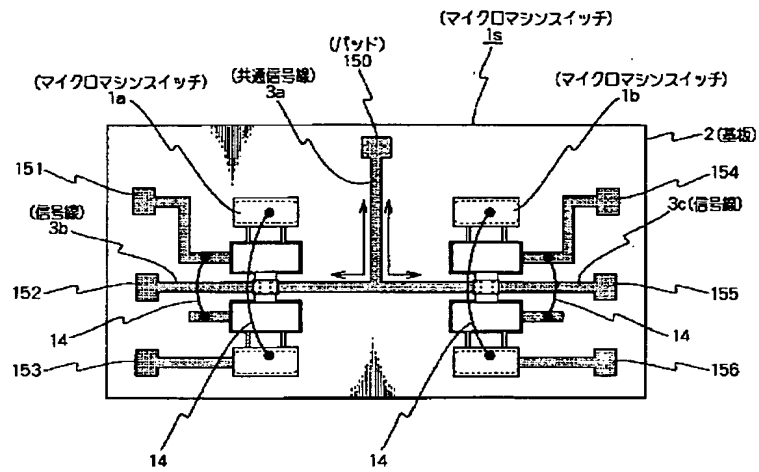
【図 6】



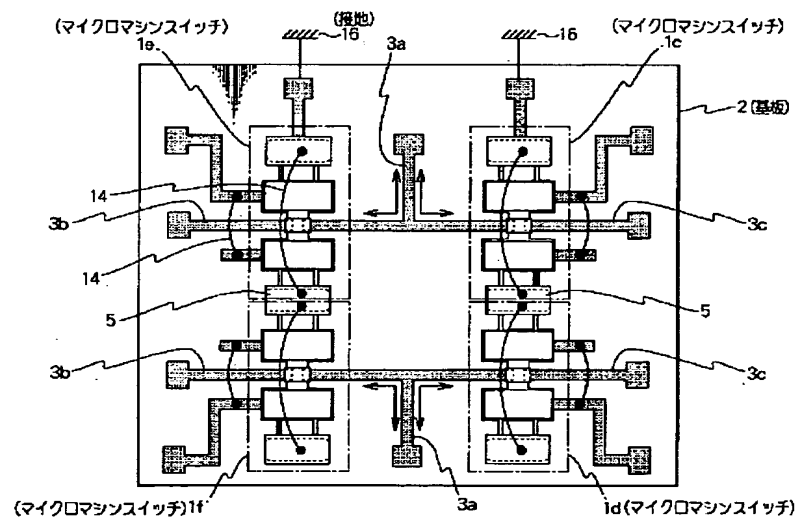
【図 7】



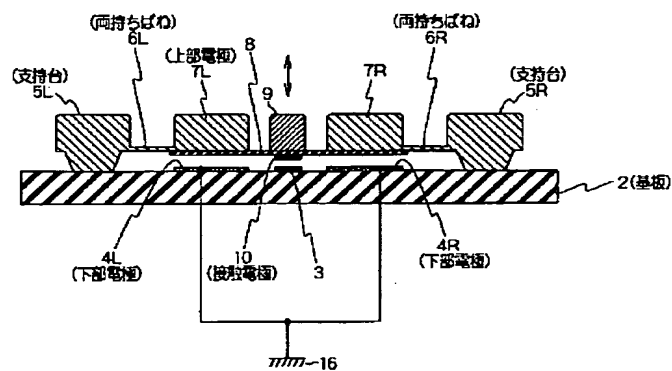
【図8】



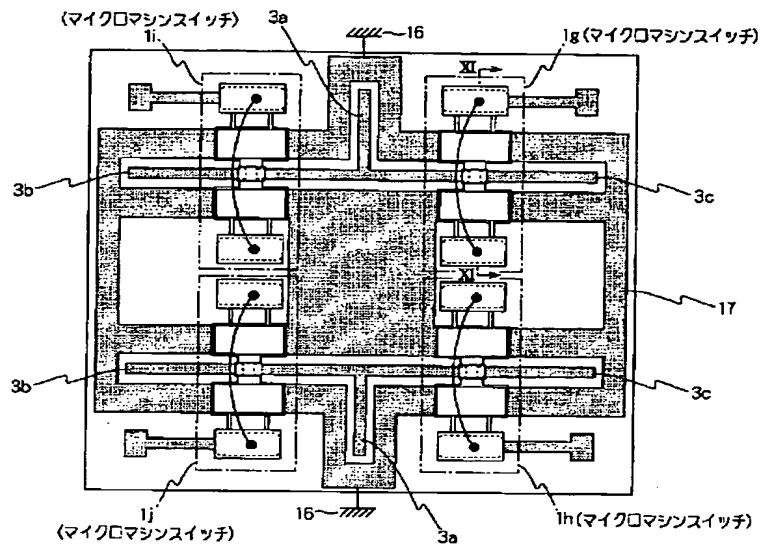
【図9】



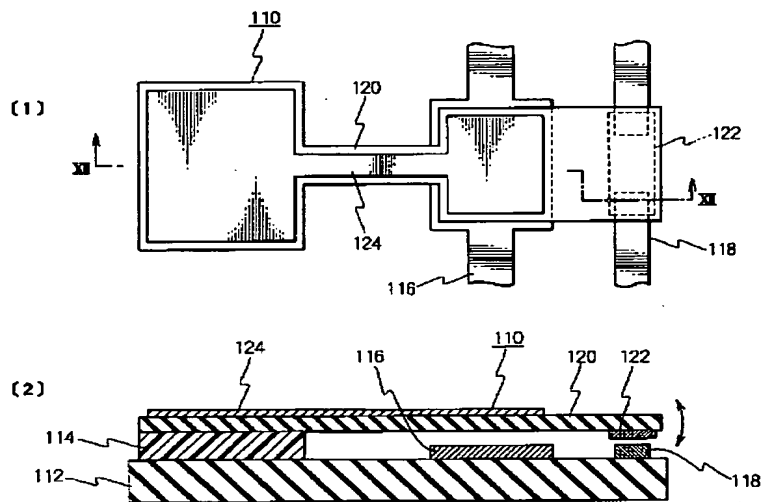
【図11】



【図10】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 健一郎  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

(72)発明者 太田 義典  
岩手県一関市柄貝1番地 東北日本電気株  
式会社内

(72)発明者 井手 立身  
岩手県一関市柄貝1番地 東北日本電気株  
式会社内